

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Toshihiro TAKAHASHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: VEHICLE STEERING APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. _____ Date Filed _____

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

Japan

APPLICATION NUMBER

2003-114737

MONTH/DAY/YEAR

April 18, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

☒ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____

Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and

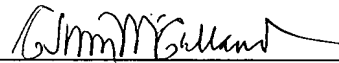
☐ (B) Application Serial No.(s)

☐ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland

Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 4 月 1 8 日

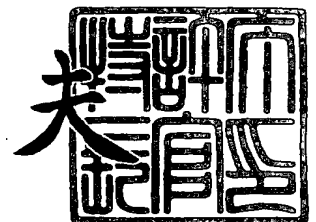
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 1 4 7 3 7
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 4 7 3 7]

出 願 人
Applicant(s): 豊田工機株式会社
株式会社豊田中央研究所

2 0 0 4 年 2 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 5 1 3 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 PY20030105

【提出日】 平成15年 4月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 高橋 俊博

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 小川 省二

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 竹内 真司

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株
式会社豊田中央研究所 内

【氏名】 畔柳 洋

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株
式会社豊田中央研究所 内

【氏名】 浅井 彰司

【特許出願人】

【識別番号】 000003470

【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000003609

【氏名又は名称】 株式会社 豊田中央研究所

【代理人】

【識別番号】 100068755

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9720003

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両用操舵装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 操舵ハンドルと機械的に非連結であって、転舵軸を駆動する転舵アクチュエータを備えた舵取機構と、

前記操舵ハンドルの操舵位置に基づき目標転舵位置を示す転舵位置指令を生成する転舵位置指令生成手段を含み、前記転舵位置指令生成手段が生成した転舵位置指令と、前記舵取機構の実転舵位置とに基づいて前記舵取機構の位置フィードバック制御を行う制御系と、

前記操舵ハンドルに対し弾性手段を介して作動的に連結され、前記舵取機構が路面側から受ける転舵軸力に基づいて、前記操舵ハンドルに反力を付与する反力アクチュエータと

を備えた車両用操舵装置において、

前記操舵ハンドルと前記反力アクチュエータの間に介在させた前記弾性手段を基準として、操舵ハンドル側を一次側とし、反力アクチュエータ側を二次側としたとき、前記操舵ハンドルの操舵位置を検出する操舵位置検出手段を、前記二次側に設けたことを特徴とする車両用操舵装置。

【請求項 2】 前記反力アクチュエータと前記弾性手段との間に前記反力アクチュエータの回転を減速する減速手段が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の車両用操舵装置。

【請求項 3】 前記操舵位置検出手段は、操舵角センサであって、前記弾性手段と前記減速手段の間に設けられ、前記操舵ハンドルの操舵にともなう前記弾性手段の二次側の部位の操舵角を操舵位置として検出することを特徴とする請求項 2 に記載の車両用操舵装置。

【請求項 4】 前記操舵位置検出手段は、回転角センサであって、前記反力アクチュエータの出力軸の回転角を検出することを特徴とする請求項 2 に記載の車両用操舵装置。

【請求項 5】 前記弾性手段は、トーションバーであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のうちいずれか 1 項に記載の車両用操舵装置。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、車両用操舵装置、特にステアバイワイヤ式の車両用操舵装置に関するものである。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

従来、車両の操舵輪を制御する車両用操舵装置として、図 8 に示すようにステアリングホイール（以下、ハンドル 5 0 0 という）と、操舵輪 T（例えば前輪）に連結する舵取機構 5 0 1 とを機械的に分離したステアバイワイヤ式の操舵装置が公知である。

【0 0 0 3】

この車両用操舵装置は、ハンドル 5 0 0 と舵取機構 5 0 1 とを直結しないで、ハンドル 5 0 0 の操舵角を検出し、検出した操舵角に応じて電動モータ 5 0 2 を介して舵取機構 5 0 1 を駆動するようにされている。すなわち、電動モータ 5 0 2 の回転駆動により舵取機構のシャフト 5 0 1 a（転舵軸）をその軸長方向に移動させて、シャフト 5 0 1 a に対して図示しないタイロッド及びナックルアームを介して連結された操舵輪 T を転舵する。ハンドル 5 0 0 には、操舵軸 5 0 3 を介して操舵軸 5 0 3 と同軸的にトーションバー等の弾性部材（図 8 では図示しない）が連結されている。

【0 0 0 4】

又、弾性部材の反操舵軸側である下部には、例えば、ウォームギヤ及びピニオンギヤを組み合わせた減速機 5 0 4 が設けられており、同減速機 5 0 4 を介して電動モータからなる反力モータ 5 0 5 が連結されている。前記反力モータ 5 0 5 は、車両速度や路面状況に応じて、操舵方向と逆方向の力（反力）を操舵軸 5 0 3 に付与し、この反力を運転者に体感させるためのものである。

【0 0 0 5】

又、ハンドル 5 0 0 を回転操舵するには、反力モータ 5 0 5 が発生した反力トルクに抗するように操舵トルクを付与する必要があることから、前記弾性部材の

操舵軸 5 0 3 側に、前記操舵トルクを検出するトルクセンサ 5 0 6 が設けられている。トルクセンサ 5 0 6 の検出信号は制御回路 5 1 0 に出力される。又、ハンドル 5 0 0 の操作量を検出するために、弾性部材の操舵軸 5 0 3 側に操舵角センサ 5 0 7 が設けられている。操舵角センサ 5 0 7 により、操作方向を含めて操舵角（操舵量）が検出され、ハンドル 5 0 0 の操作状態を表す信号として、制御回路 5 1 0 に出力される。

【0 0 0 6】

又、舵取機構 5 0 1 に設けられた電動モータ 5 0 2 の出力軸は、ロータリエンコーダ等からなる回転角センサ 5 0 9 が設けられている。回転角センサ 5 0 9 は、電動モータ 5 0 2 の出力軸（図示しない）の回転角（回転位置）を示す検出信号を制御回路 5 1 0 に出力する。制御部 5 1 0 は、操舵角センサ 5 0 7 が検出した操舵角に基づく転舵位置指令と、回転角センサ 5 0 9 が検出した回転角に基づいて算出した実位置との偏差をなくすように位置制御等のフィードバック制御を行うようにされている。

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記のように構成されたステアバイワイヤ式の車両用操舵装置では、操舵角センサ 5 0 7 と、反力モータ 5 0 5 との間にトルクセンサ 5 0 6 を設けた構成とされている。前記トルクセンサ 5 0 6 は、トーションバー等の弾性部材のねじれ角によりトルクを検出するようにされている。従って、操舵角センサ 5 0 7 と反力モータ 5 0 5 との間に位相差が生じて制御遅れが発生し、この遅れが制御部 5 1 0 の制御ループに対して悪影響を与える。

【0 0 0 8】

この悪影響について説明する。

上記のようなハンドル 5 0 0 及びトーションバー等の弾性部材 5 0 8 からなる機構は図 4 に示すバネ振動系 5 3 0 を構成しているものと考えてよい。

【0 0 0 9】

バネ振動系 5 3 0 の運動方程式は、式（1）である。なお、 J_s はハンドル 5 0 0 のイナーシャ、 K_s 、 D_s は弾性部材 5 0 8 のバネ定数と粘性定数、 T_r は反

力モータ 5 0 5 の発生するトルク（操舵反力）、 θ_1 、 θ_2 はそれぞれ弾性部材 5 0 8 の 1 次側、2 次側の角度である。

【0 0 1 0】

【数 1】

$$J_s \frac{d^2 \theta_1}{dt^2} = D_s \frac{d}{dt} (\theta_2 - \theta_1) + K_s (\theta_2 - \theta_1) \quad \dots (1)$$

式 (1) をラプラス変換して整理すると、 θ_1 と θ_2 の関係はラプラス演算子を s として

【0 0 1 1】

【数 2】

$$\theta_1(s) = \frac{\frac{D_s}{J_s}s + \frac{K_s}{J_s}}{s^2 + \frac{D_s}{J_s}s + \frac{K_s}{J_s}} \theta_2(s) \quad \dots (2)$$

となる。式 (2) の周波数特性は例えば図 5 (a) , (b) のようになり、 θ_1 は θ_2 に対して大きな位相遅れを生じることがある。なお、図 5 (a) は、バネ振動系 5 3 0 の周波数特性を示し、縦軸は大きさを示し、横軸は周波数である。図 5 (b) はバネ振動系 5 3 0 の周波数特性を示し、縦軸は位相を示し、横軸は周波数である。

【0 0 1 2】

上記のようなバネ振動系 5 3 0 (2 次振動系) を含んだ図 8 の制御系ブロック図を図 6 に示す。図 6 において、 K_s 、 D_s は弾性部材 5 0 8 のバネ定数と粘性係数、 J_s はハンドル 5 0 0 のイナーシャ、 J_h は反力モータ 5 0 5 のイナーシャ、 K_r は操舵輪 T (タイヤ) と路面の影響 (等価バネで表現) を示している。又、 G は操舵装置のギア比、 G_m は味付け用の反力マップの傾き係数である。

【0 0 1 3】

弾性部材 5 0 8 の 1 次側で検出された操舵角 θ_h はギア比 G によって転舵位置指令 x_{rd} に変換され、転舵制御系 5 4 0 によって転舵制御が行われる。図 6 において、 x_r は転舵モータ 5 0 2 により操舵輪 T が位置する転舵位置である。一方

、路面から転舵軸が受ける転舵軸力 F_r はギア比 G と反力マップ M によって操舵反力指令 T_{rd} に変換され、反力制御系 5 5 0 によって操舵反力 T_r がハンドル 5 0 0 側へ戻される。

【0 0 1 4】

図 6 では操舵反力 T_r から操舵角 θ_h までの特性は、図 4, 図 5 (a), 図 5 (b) において説明した 2 次振動系である。このため、運転者がハンドル 5 0 0 から手を離れた場合は操舵反力 T_r が作用する弾性部材 5 0 8 の 2 次側の角度 θ_2 に対して操舵角 θ_h (=弾性部材 1 次側の角度 θ_1) の位相が前述したように大きく遅れる。この位相遅れのため、図 6 の構成では、操舵装置全体の閉ループ系が不安定になりやすく、系全体に振動が生じるとともに、反力マップ M の値を大きくできないので、通常の機械連結式操舵装置よりも操舵反力感覚が劣るという問題がある。

【0 0 1 5】

本発明の目的はステアバイワイヤ式の車両用操舵装置において、転舵軸力を通常の機械連結式操舵装置と同等にハンドル側に伝達して同等の操舵反力感覚を運転者に与え、かつ、制御系の安定性を確保して振動発生を防止することができる車両用操舵装置を提供することにある。

【0 0 1 6】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、操舵ハンドルと機械的に非連結であって、転舵軸を駆動する転舵アクチュエータを備えた舵取機構と、前記操舵ハンドルの操舵位置に基づき目標転舵位置を示す転舵位置指令を生成する転舵位置指令生成手段を含み、前記転舵位置指令生成手段が生成した転舵位置指令と、前記舵取機構の実転舵位置とに基づいて前記舵取機構の位置フィードバック制御を行う制御系と、前記操舵ハンドルに対し弾性手段を介して作動的に連結され、前記舵取機構が路面側から受ける転舵軸力に基づいて、前記操舵ハンドルに反力を付与する反力アクチュエータとを備えた車両用操舵装置において、前記操舵ハンドルと前記反力アクチュエータの間に介在させた前記弾性手段を基準として、操舵ハンドル側を一次側とし、反力アクチュエータ側を二次側とした

とき、前記操舵ハンドルの操舵位置を検出する操舵位置検出手段を、前記二次側に設けたことを特徴とする車両用操舵装置を要旨とするものである。

【0017】

このように構成した場合の操舵装置の制御系ブロック図を図7に示す。図7の構成では、操舵反力 T_r から操舵角 θ_h までの間に弾性部材による位相遅れの影響がないため、図6の場合よりも位相余裕が大きくなり、制御系が安定になるとともに反力マップの傾き係数 G_m の値も大きくすることができる。なお、図7の構成中、図6で示した構成に相当するものは同一名称及び符号を付している。

【0018】

請求項2の発明は、請求項1において、前記反力アクチュエータと前記弾性手段との間に前記反力アクチュエータの回転を減速する減速手段が設けられていることを特徴とする。

【0019】

請求項2では、反力アクチュエータと弾性手段との間に反力アクチュエータの回転を減速する減速手段を設けることにより、弾性部材の二次側において、前記操舵位置検出手段を減速手段を含めたいずれの部位に設けても請求項1の作用を実現する。

【0020】

請求項3の発明は、請求項2において、前記操舵位置検出手段は、操舵角センサであって、前記弾性手段と前記減速手段の間に設けられ、前記操舵ハンドルの操舵にともなう前記弾性手段の二次側の部位の操舵角を操舵位置として検出することを特徴とする。

【0021】

請求項3によれば、弾性手段と減速手段間に設けられた操舵角センサにより、操舵ハンドルの操舵にともなう前記弾性手段の二次側の部位の操舵角を操舵位置として検出する。このことにより、請求項1の作用を実現する。

【0022】

請求項4の発明は、請求項2において、前記操舵位置検出手段は、回転角センサであって、前記反力アクチュエータの出力軸の回転角を検出することを特徴と

する。

【0 0 2 3】

請求項 4 によれば、操舵ハンドルの操舵角は、回転角センサが検出した回転角を減速手段の減速比で割ることにより求まるため、操舵角の分解能を高めることができる。

【0 0 2 4】

請求項 5 の発明は、請求項 1 乃至請求項 4 のうちいずれか 1 項において、前記弾性手段は、トーションバーであることを特徴とする。

こうすることにより、トーションバーにて、請求項 1 乃至請求項 4 の作用を実現する。

【0 0 2 5】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を車両に搭載されるステアバイワイヤ式の車両用操舵装置（以下、単に操舵装置という）に具体化した一実施形態を図 1 及び図 2 に基づいて詳細に説明する。

【0 0 2 6】

図 1 は本実施形態の操舵装置の概念図を示している。

操舵装置は、ステアリングホイール 1 0（操舵ハンドル）を含む操作機構 1 0 0 と、舵取機構 2 0 0 と、制御部 3 0 0 を備えている。

【0 0 2 7】

操作機構 1 0 0 のステアリングホイール 1 0 は、図示しない車両に対して回転可能に支持された操舵軸 1 1 に連結されている。操舵軸 1 1 の下部はハウジング 1 2 内に収納された弾性手段としてのトーションバー 1 3 が連結されている。ハウジング 1 2 の側部には、反力アクチュエータとしての反力モータ 1 4 が取付固定されている。反力モータ 1 4 は、本実施形態では三相ブラシレス DC モータからなる。反力モータ 1 4 の出力軸は、減速手段としての減速機構 1 5 を介してトーションバー 1 3 と作動連結されている。減速機構 1 5 は、トーションバー 1 3 下部に設けられた大歯車 1 6 と反力モータ 1 4 の出力軸に設けられ、大歯車 1 6 と噛合する小歯車 1 7 から構成されている。なお、減速機構 1 5 は、ステアリン

グホイール 1 0 が操舵された際、トーションバー 1 3 及び減速機構 1 5 を介して、反力モータ 1 4 の出力軸が回転するものであればよい。

【0 0 2 8】

なお、以下では、トーションバー 1 3 を基準として、トーションバー 1 3 のステアリングホイール 1 0（操舵ハンドル）側を一次側とし、反力モータ 1 4 側を二次側という。

【0 0 2 9】

トーションバー 1 3 には、トルクセンサ 1 8 が設けられ、操舵トルクが検出可能にされている。トルクセンサ 1 8 は、第 2 システム S Y 2 の第 2 E C U 3 2 0 に電氣的に接続されている。

【0 0 3 0】

反力モータ 1 4 には操舵位置検出手段としての回転角センサ 1 9 が設けられており、その出力軸の回転角を絶対角にて検出可能にされている。本実施形態では、図 1 に示すように回転角センサ 1 9 は反力モータ 1 4 の外端部側に配置されている。回転角センサ 1 9 は、第 1 システム S Y 1 の第 1 E C U 3 1 0 に接続されている。回転角センサ 1 9 は、本実施形態では、パルスエンコードから構成されている。

【0 0 3 1】

（舵取機構 2 0 0）

次に舵取機構 2 0 0 を説明する。

舵取機構 2 0 0 のハウジング 2 0 1 は、図示しない車両のボディに対して支持されている。ハウジング 2 0 1 内において、転舵アクチュエータとしての転舵モータ 2 1 1, 2 1 2 は、本実施形態では三相ブラシレス D C モータからなり、同軸上に配置されている。本実施形態では、転舵モータ 2 1 1, 2 1 2 は、ハウジング 2 0 1 内周面に配置された図示しないステータと、同ステータ内に回転自在に配置された図示しない筒状をなす共通のロータとから構成されている。そして、前記ロータ内に、転舵軸としてのシャフト 2 1 3 がその軸線の周りで回転不能かつ軸線方向に移動可能に配置されている。シャフト 2 1 3 と前記ロータは、同ロータの回転運動をシャフト 2 1 3 の直線運動に変換するように構成され、転舵

モータ 211, 212 の回転を操舵輪 T のトー角の変化に変換することにより転舵角を変化させる公知の運動変換機構により構成されている。本実施形態では前記運動変換機構はボールネジ機構にて構成されている。

【0032】

この結果、シャフト 213 の動きは、シャフト 213 の両端部側に配置された図示しないタイロッドとナックルアームを介して左右の前輪（操舵輪 T）に伝達される。

【0033】

転舵モータ 211, 212 は第 1 駆動回路 301 及び第 2 駆動回路 302 にてそれぞれ制御される。第 1 回転角センサ 221, 第 2 回転角センサ 222 は転舵モータ 211, 212 のロータの軸線方向に沿って並設されており、転舵モータ 211, 212 の回転角を検出する。第 1 回転角センサ 221, 第 2 回転角センサ 222 はロータリーエンコーダにて構成されている。

【0034】

両回転角センサは、それぞれロータの回転に応じて $\pi/2$ ずつ位相の異なる 2 相パルス列信号と基準回転位置を表す零相パルス列信号を第 1 ECU 310 及び第 2 ECU 320 に入力する。以下、前記両回転角センサが検出し、出力する信号を単に、検出信号（2 相パルス列信号及び零相パルス列信号を含む）ということがある。又、第 1 回転角センサ 221 及び第 2 回転角センサ 222 からの検出信号は、所定のサンプリング周期で第 1 ECU 310 及び第 2 ECU 320 に入力されている。そして、第 1 ECU 310 及び第 2 ECU 320 は入力された検出信号に基づいて転舵モータ 211, 212 におけるロータのステータに対する回転角が演算される。この演算された回転角は、操舵輪 T の転舵角の実位置（実転舵角）に相当する。車速センサ 400 は、走行状態である車速を検出し、制御部 300 の第 1 ECU 310 に車速信号を入力する。

【0035】

（制御部 300）

次に、制御系としての制御部 300 について説明する。

制御部 300 は、第 1 ECU 310、第 2 ECU 320、第 1 駆動回路 301

、第2駆動回路302及び第3駆動回路303とを備えている。第1駆動回路301、第2駆動回路302及び第3駆動回路303は、インバータから構成されている。又、第1駆動回路301及び第2駆動回路302は、転舵モータ211、212をそれぞれ駆動するためのものである。図2に示すように、電流センサ316及び電流センサ326は、転舵モータ211、212の各相の実モータ電流を検出するように設けられている。又、第3駆動回路303は、反力モータ14を駆動するためのものである。図2に示すように、電流センサ327は反力モータ14の各相の実モータ電流を検出するように設けられている。

【0036】

第1ECU310及び第2ECU320はそれぞれマイクロコンピュータを含んだ電子制御ユニットにて構成されている。

又、第1システムSY1は、第1ECU310、回転角センサ19、第1駆動回路301及び転舵モータ211などから構成されている。第2システムSY2は、第2ECU320、第2駆動回路302及び転舵モータ212などから構成されている。

【0037】

第1システムSY1の第1ECU310は、回転角センサ19が検出した回転角に基づいて、操舵輪Tの目標位置を求め、同目標位置（目標転舵角）と、操舵輪Tの実転舵角との偏差に基づいてトルク指令 ΔP を求め、これを所定の配分比にて配分するようにしている。そして、両システムの各ECUはそれぞれ配分されたトルク指令 $\Delta P1$ 、 $\Delta P2$ 等に基づいて転舵モータ211、212を駆動制御するようにしている。

【0038】

以下、詳細に説明する。

（第1ECU310）

第1ECU310において、図2の一点鎖線内は第1ECU310が前記制御プログラムにより実現している各手段（各部）を示し、操舵角演算部311、目標位置演算部312、位置制御部313、トルク分配部314、電流制御部315を備える。なお、図2における一点鎖線内の第1ECU310及び第2ECU

320内は制御ブロックを示し、ハード構成を示すものではない。

【0039】

第1ECU310は、回転角センサ19が検出した回転角に基づいて算出された操舵角に対応する転舵角（操舵輪Tの転舵角）が得られるように、かつ、そのためにシャフト213に必要な推力が得られるように第1駆動回路301を介して転舵モータ211の舵取制御を実行する。

【0040】

詳説すると、操舵角演算部311は、回転角センサ19が検出した回転角に基づいて、操舵されたステアリングホイール10の直進操舵位置（中立位置）からの操舵角（操舵位置）を演算する。この場合、操舵角演算部311は回転角センサ19の回転角を、減速機構15の減速比で割って前記操舵角を算出する。目標位置演算部312は、前記車速センサ400からの車速信号に基づいて、車速に応じた伝達比を設定し、設定された伝達比と前記操舵角に基づいて操舵輪Tの目標転舵位置（目標転舵角）を示す転舵位置指令を生成し、位置制御部313にその転舵位置指令を出力する。前記伝達比は、車速が大きいほど、操舵角に対する目標転舵角が小さくなるようにされている。なお、伝達比は、前記従来例のギア比に相当する。位置制御部313は、転舵位置指令を入力するとともに、第1回転角センサ221からの検出信号（回転角）を入力し、同信号及びボールネジ機構の減速比等に基づいて、舵取機構200の実転舵位置に相当する操舵輪Tの実位置（実転舵角）を算出する。

【0041】

位置制御部313は、算出した操舵輪Tの実位置（実転舵角）と、操舵輪Tの転舵位置指令（目標位置、すなわち目標転舵角）との偏差を演算し、その偏差に対して、位置制御に必要な所定のゲインを乗算し、その乗算値をトルク指令 ΔP （電流指令）としてトルク分配部314に供給する。従って、位置制御部313では、位置フィードバック制御が行われ、目標転舵角と操舵輪Tの実転舵角（フィードバック値）の偏差が0になるように制御することとなる。なお、前記トルク指令 ΔP （電流指令）は具体的には、d軸及びq軸の電流指令である。このように制御部300の第1ECU310は、第1回転角センサ221より得られる

検出信号（回転角）により、位置制御を行う制御ループ、すなわち、位置ループを備える。

【0042】

トルク分配部 314 は、供給されたトルク指令 ΔP を所定の分配比で分配し、分配したトルク指令 $\Delta P1$ （d 軸及び q 軸の電流指令）とトルク指令 $\Delta P2$ （d 軸及び q 軸の電流指令）とをそれぞれ第 1 システム SY1 の電流制御部 315 と第 2 システム SY2 の電流制御部 321 に供給する。本実施形態では、車両のエンジン始動時（始動時制御モード）での分配比は 50 : 0（= $\Delta P1$: $\Delta P2$ ）とされ、車両の正常時での制御（正常時制御モード）の分配比は 50 : 50（= $\Delta P1$: $\Delta P2$ ）とされている。

【0043】

第 1 ECU 310 による転舵モータ 211 の舵取制御は、転舵角が操舵角と対応するように制御する位置制御と、そのためにシャフト 213 に必要な推力、すなわち、出力トルクを得るためのトルク制御とが含まれる。電流制御部 315 は、トルク制御を実行するためのものである。

【0044】

始動時制御モード及び正常時制御モードでは、電流制御部 315 は、トルク指令 $\Delta P1$ と、第 1 回転角センサ 221 の検出信号（回転角）、及び電流センサ 316 が検出した転舵モータ 211 の各相の実モータ電流を入力する。

【0045】

電流制御部 315 は、第 1 回転角センサ 221 の検出信号（回転角）を参照して前記各相の実モータ電流を 2 相変換し、d 軸と q 軸の実電流を求める。そして、電流制御部 315 は、トルク指令 $\Delta P1$ （d 軸及び q 軸の電流指令）と、d 軸と q 軸の実電流との偏差をそれぞれ算出する。さらに、電流制御部 315 は、前記各偏差を比例積分制御して、d 軸及び q 軸電圧指令値を求め、d 軸及び q 軸電圧指令値を三相変換して、三相の電圧指令に変換する。この三相の電圧指令に基づいて PWM したモータ駆動信号を出力する。そして、第 1 駆動回路 301 は、第 1 ECU 310 から出力されたモータ駆動信号に制御されてスイッチング動作し、転舵モータ 211 への通電と断電制御（PWM 制御）を繰り返し、トルク指

令 $\Delta P1$ に一致したモータ駆動電流を流して転舵モータ 211 を回転駆動する。
このように制御部 300 の第 1 ECU 310 は、電流センサ 316 より得られる
転舵モータ 211 の各相の実モータ電流により、トルク制御を行う制御ループ、
すなわち、電流ループを備える。

【0046】

(第 2 ECU 320)

一方、第 2 ECU 320 において、図 2 の一点鎖線内は第 2 ECU 320 が制
御プログラムにより実現している各手段(各部)を示し、電流制御部 321、軸
力推定部 322、反力トルク指令生成部 323、減算器 324、電流制御部 32
5 を備える。

【0047】

始動時制御モード及び正常時制御モードでは、電流制御部 321 は、分配され
たトルク指令 $\Delta P2$ と、第 2 回転角センサ 222 の検出信号(回転角)及び電流
センサ 326 が検出した転舵モータ 212 の各相の実モータ電流を入力する。

【0048】

電流制御部 321 の電流制御は、電流制御部 315 と同様に第 2 回転角センサ
222 の検出信号(回転角)を参照して前記各相の実モータ電流を 2 相変換し、
d 軸と q 軸の実電流を求める。そして、電流制御部 321 は、トルク指令 $\Delta P2$
(d 軸及び q 軸の電流指令)と、d 軸と q 軸の実電流との偏差をそれぞれ算出す
る。さらに、電流制御部 321 は、前記各偏差を比例積分制御して、d 軸及び q
軸電圧指令値を求め、d 軸及び q 軸電圧指令値を三相変換して、三相の電圧指令
に変換する。この三相の電圧指令に基づいて PWM したモータ駆動信号を出力す
る。そして、第 2 駆動回路 302 は、第 2 ECU 320 から出力されたモータ駆
動信号に制御されてスイッチング動作し、転舵モータ 212 への通電と断電制御
(PWM 制御)を繰り返し、トルク指令 $\Delta P2$ に一致したモータ駆動電流を流し
て転舵モータ 212 を回転駆動する。このように制御部 300 の第 2 ECU 32
0 は、電流センサ 326 より得られる転舵モータ 212 の各相の実モータ電流に
より、トルク制御を行う制御ループ、すなわち、電流ループを備える。

【0049】

そして、このようにして、転舵モータ 211, 212 が駆動制御され、これらのアクチュエータの出力が合わさることにより、舵取機構 200 にて操舵輪 T の目標転舵角への舵取が行われる。

【0050】

なお、上記説明は両システムが共に正常の場合の両転舵アクチュエータの制御について説明したが、一方のシステムが故障時には、残った正常側のシステムの ECU が、操舵角演算部 311 ~ トルク分配部 314 の機能を実現するように、制御プログラムが実行される。この場合、トルクセンサ 18 や回転角センサ 19 等の各システムに入力される各センサからの検出信号は、必要な場合には、故障側のシステムの ECU から正常側のシステムの ECU に対して送信される。そして、正常側のシステムは、制御対象の転舵アクチュエータの出力を、両システムが共に正常時の場合よりも高めるように制御する。

【0051】

(反力付与)

次に、ステアリングホイール 10 に反力を付与するための構成について説明する。

【0052】

第 1 ECU 310 の微分器 317 は、第 1 回転角センサ 221 が検出した回転角を微分して、角速度を求め、求めた角速度を第 2 ECU 320 の軸力推定部 322 に入力する。又、電流センサ 316 及び電流センサ 326 は、転舵モータ 211, 212 の各相の実モータ電流を軸力推定部 322 に入力する。

【0053】

軸力推定部 322 は、入力した角速度及び転舵モータ 211, 212 の各相の実モータ電流に基づきシャフト 213 に働く転舵軸力を演算（推定）する。

ここで、転舵モータ 211, 212 は三相ブラシレス DC モータであり、その負荷の大きさは転舵モータ 211, 212 の負荷電流（各相の実モータ電流）の大きさに比例する。このため、電流センサ 316 及び電流センサ 326 で検出される負荷電流をもとに転舵の負荷状態を検知することができる。すなわち、シャフト 213 に作用する路面側から受ける転舵軸力が転舵モータ 211, 212 の

負荷として作用するため、転舵モータ 211、212にかかる負荷の大きさ（負荷電流）をもとに、軸力推定部 322 は、転舵の負荷状態を推定する。この場合、前記負荷状態が転舵モータ 211、212 の加減速状況に応じて変わるため、軸力推定部 322 は転舵モータ 211、212 の角速度情報を用いて各モータの負荷状態を補正し、転舵軸力を演算する。

【0054】

反力トルク指令生成部 323 は、軸力推定部 322 が演算した前記軸力に基づき、図示しない記憶手段に格納した反力マップ M を参照して反力を得るのに必要な目標電流を反力指示トルクとして求め、求められた反力指示トルク（目標電流）をトルク指令（操舵反力指令）として、減算器 324 に出力する。トルク電流変換部 328 は、トルクセンサ 18 が検出した操舵トルク（操舵反力指令）を電流値に変換し、減算器 324 に出力する。

【0055】

減算器 324 は、トルク電流変換部 328 から入力した電流値（操舵トルクに相当）と、トルク指令との偏差を演算し、その偏差を反力モータ 14 への電流指令（d 軸及び q 軸の電流指令を含む）として電流制御部 325 に付与する。すなわち、トルクフィードバック制御が行われる。このように制御部 300 の第 2 ECU 320 は、トルクフィードバック制御を行う制御ループを備える。

【0056】

電流制御部 325 は、前記反力トルクの電流指令と、回転角センサ 19 が検出した回転角、及び電流センサ 327 が検出した反力モータ 14 の各相の実モータ電流を入力する。

【0057】

電流制御部 325 の電流制御は、回転角センサ 19 の回転角を参照して前記各相の実モータ電流を 2 相変換し、d 軸と q 軸の実電流を求める。そして、電流制御部 325 は、反力トルクの電流指令（d 軸及び q 軸の電流指令を含む）と、d 軸と q 軸の実電流との偏差をそれぞれ算出する。さらに、電流制御部 325 は、前記各偏差を比例積分制御して、d 軸及び q 軸電圧指令値を求め、d 軸及び q 軸電圧指令値を三相変換して、三相の電圧指令に変換する。この三相の電圧指令に

基づいてPWMしたモータ駆動信号を出力する。そして、第3駆動回路303は、第2ECU320から出力されたモータ駆動信号に制御されてスイッチング動作し、反力モータ14への通電と断電制御（PWM制御）を繰り返し、電流指令に一致したモータ駆動電流を流して反力モータ14を回転駆動する。このように制御部300の第2ECU320は、電流センサ327より得られる反力モータ14の各相の実モータ電流により、トルク制御を行う制御ループ、すなわち、電流ループを備える。

【0058】

そして、このようにして、反力モータ14が駆動制御され、ステアリングホイール10に、その操舵方向とは逆方向の反力トルクが付与される。この結果、ステアリングホイール10の回転操作には、反力モータ14が発生する反力に抗する操舵トルクを加える必要がある。

【0059】

本実施形態によれば、以下のような特徴を得ることができる。

(1) 本実施形態のステアバイワイヤ式の操舵装置では、ステアリングホイール10（操舵ハンドル）を操舵すると、そのときの操舵角は、反力モータ14の回転角センサ19が検出した回転角に基づいて求められる。回転角センサ19は、トーションバー13（弾性手段）の二次側に設けられている。そして、この操舵角に基づいて、制御系を構成する制御部300の第1ECU310（転舵位置指令生成手段）は、目標転舵位置を示す転舵位置指令を生成し、第1回転角センサ221が検出した操舵輪Tの実転舵位置（実転舵角）との偏差を収束する舵取機構200の位置フィードバック制御を行う。

【0060】

一方、シャフト213に発生する転舵軸力は、制御部300にて算出され、この転舵軸力に基づいて算出された反力トルクが反力モータ14からステアリングホイール10に付与される。

【0061】

この結果、従来と異なり、操舵角に換算される回転角を検出する回転角センサ19と反力モータ14間での位相差の発生を極力抑制でき、その結果、制御遅れ

も抑制できる。このように制御遅れが抑制できるため、制御遅れによる制御部 300 の制御ループに対して悪影響を与えることもない。

【0062】

又、反力マップの傾き係数 G_m の値を大きくとることが可能となり、従来の機械連結式操舵装置と同等の操舵反力感覚を実現できる。

(2) 第1実施形態の操舵装置においては、回転角センサ 19 (操舵位置検出手段) は、反力モータ 14 (反力アクチュエータ) の出力軸の回転角を検出するようにした。この結果、操舵角は、回転角センサ 19 が検出した回転角を減速機構 15 の減速比で割ることにより求まるため、操舵角の分解能を高めることができる。このように、回転角センサ 19 を減速機構 15 よりも反力モータ 14 側に設けることにより、操舵角の分解能を向上することができる。

【0063】

この結果、トーションバー 13 の一次側に、操舵角センサを設ける場合、本実施形態と同様の高分解能を有する操舵角を検出しようとする、高価格の操舵角センサを使用する必要があるが、本実施形態では、回転角センサ 19 は、低分解能でよい、ため、低コストにすることができる。

【0064】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態を、図3を参照して説明する。なお、図3における一点鎖線内の第1ECU 310 及び第2ECU 320 内は制御ブロックを示し、ハード構成を示すものではない。

【0065】

すなわち、第2実施形態においても、ハード構成は、第1実施形態と同様にステアリングホイール 10 (操舵ハンドル) を含む操作機構 100 と、舵取機構 200 と、制御部 300 を備えている。そして、下記の構成が異なっている。

【0066】

第2実施形態では、図3に示すように、回転角センサ 19 の代わりに、操舵角センサ 20 をトーションバー 13 の二次側であって、減速機構 15 の大歯車 16 とトーションバー 13 との連結部の回転を検出可能に配置されており、操舵角が

絶対角にて検出可能とされている。操舵角センサ 20 は操舵角検出信号を第 1 ECU 310 に入力する。

【0067】

そして、図 3 に示すように、第 2 実施形態の第 1 ECU 310 が制御プログラムにより実現している各手段（各部）は操舵角演算部 311 における処理が異なっている。詳説すると、操舵角演算部 311 は、操舵角センサ 20 が検出した操舵角信号に基づいて、操舵されたステアリングホイール 10 の直進操舵位置（中立位置）からの操舵角（操舵位置）を演算する。

【0068】

他の構成は、第 1 実施形態と同様であるため、同一構成について同一符号を付して説明を省略する。

第 2 実施形態においても、第 1 実施形態の（1）の作用効果を奏する。

【0069】

なお、本発明の実施形態は、上記実施形態に限定されるものではなく、次のように変更してもよい。

（1） 第 1 実施形態では、回転角センサ 19 をパルスエンコードから構成した。これに代えて、回転角センサ 19 としてレゾルバや、ホール素子や光電素子等の各種センサを用いてもよい。

【0070】

（2） 前記各実施形態では、第 1 回転角センサ 221、第 2 回転角センサをロータリーエンコードにて構成したが、転舵モータ 211、212 と所定の電気角を有して同モータの回転変位を検出するものであれば、その他の回転変位検出手段、例えばレゾルバ等に具体化してもよい。

【0071】

（3） 前記第 1 実施形態では、回転角センサ 19 を反力モータ 14 の外端部に配置したが、反力モータ 14 の出力軸上において、減速機構 15 との連結部側と対応して配置してもよい。このように配置しても第 1 実施形態と同様の効果を奏する。

【0072】

(4) 前記実施形態では、第1システムSY1が算出したトルク指令 ΔP をトルク分配して、第1ECU310及び第2ECU320が分配されたトルク指令 $\Delta P1$ 、トルク指令 $\Delta P2$ に基づいてトルク制御を行うようにした。この代わりに、通常時（正常時）には一方のシステムを、主システムとして、一方の転舵モータのみを制御して舵取機構200を駆動制御し、この主システムが故障時に、残った他のシステムがバックアップして舵取機構200を駆動制御するようにしてもよい。

【0073】

(5) 前記各実施形態では、トーションバー13を弾性部材としたが、コイルバネ等の他の弾性的な挙動を示す部材であってもよい。

(6) 前記各実施形態では、軸力推定部322により、軸力を推定したが、軸力センサを別途設けて、軸力を検出するようにしてもよい。

【0074】

【発明の効果】

以上、詳述したように、請求項1乃至請求項5に記載の発明によれば、ステアバイワイヤ式の車両用操舵装置において、操舵反力感覚を従来の機械連結式操舵装置と同等に保つとともに、制御系の安定性を確保して振動発生を防止することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施形態の操舵装置の全体を示す概略図。

【図2】 同じく制御ブロックの概念図。

【図3】 第2実施形態の同じく制御ブロックの概念図。

【図4】 バネ振動系の説明図。

【図5】 (a)、(b)はバネ振動系の周波数特性図。

【図6】 弾性部材の一次側で操舵角を検出する場合の制御系ブロック図。

【図7】 弾性部材の二次側で操舵角を検出する場合の制御系ブロック図。

【図8】 従来技術の操舵装置の全体を示す概略図。

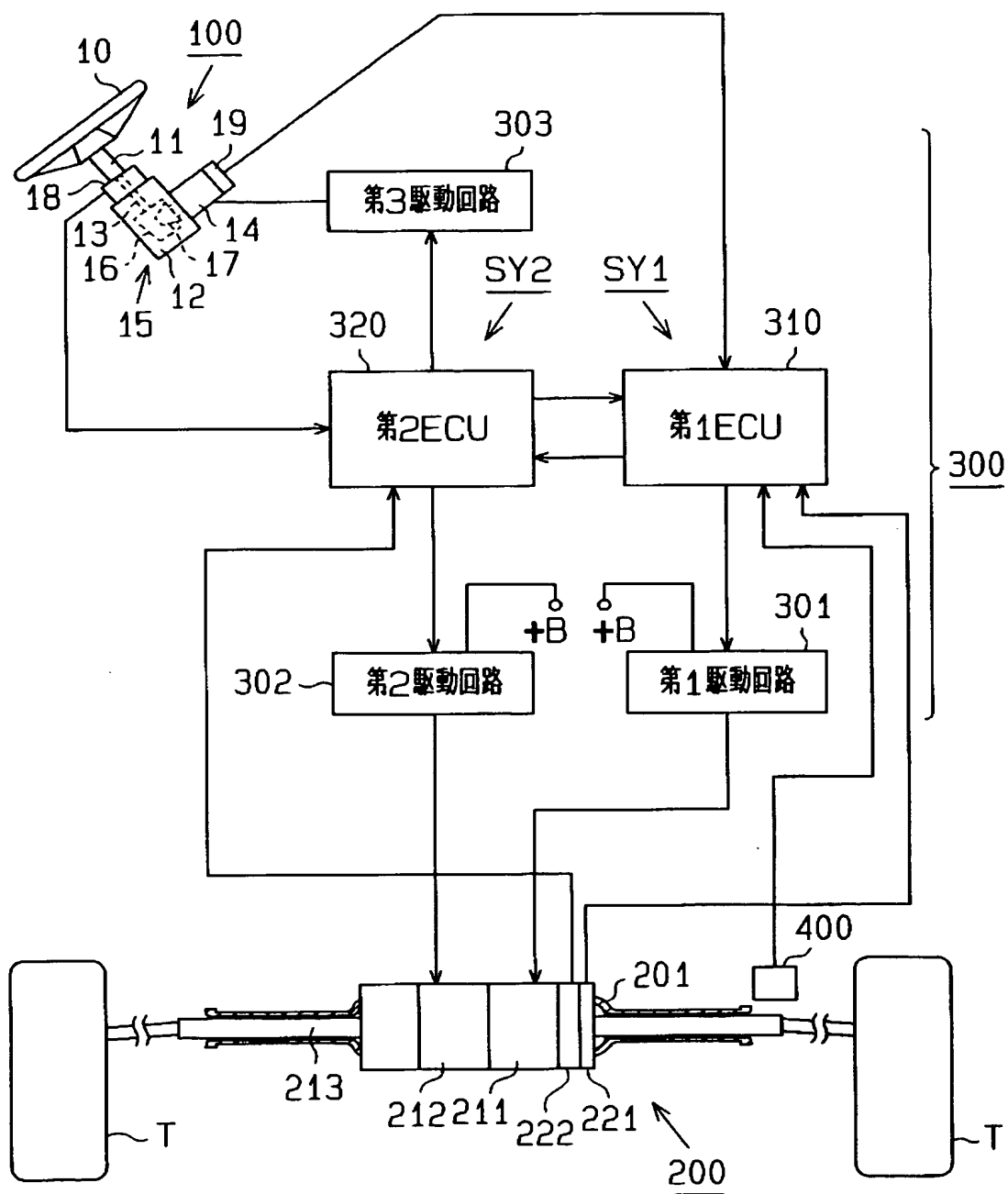
【符号の説明】

10…ステアリングホイール（操舵ハンドル）

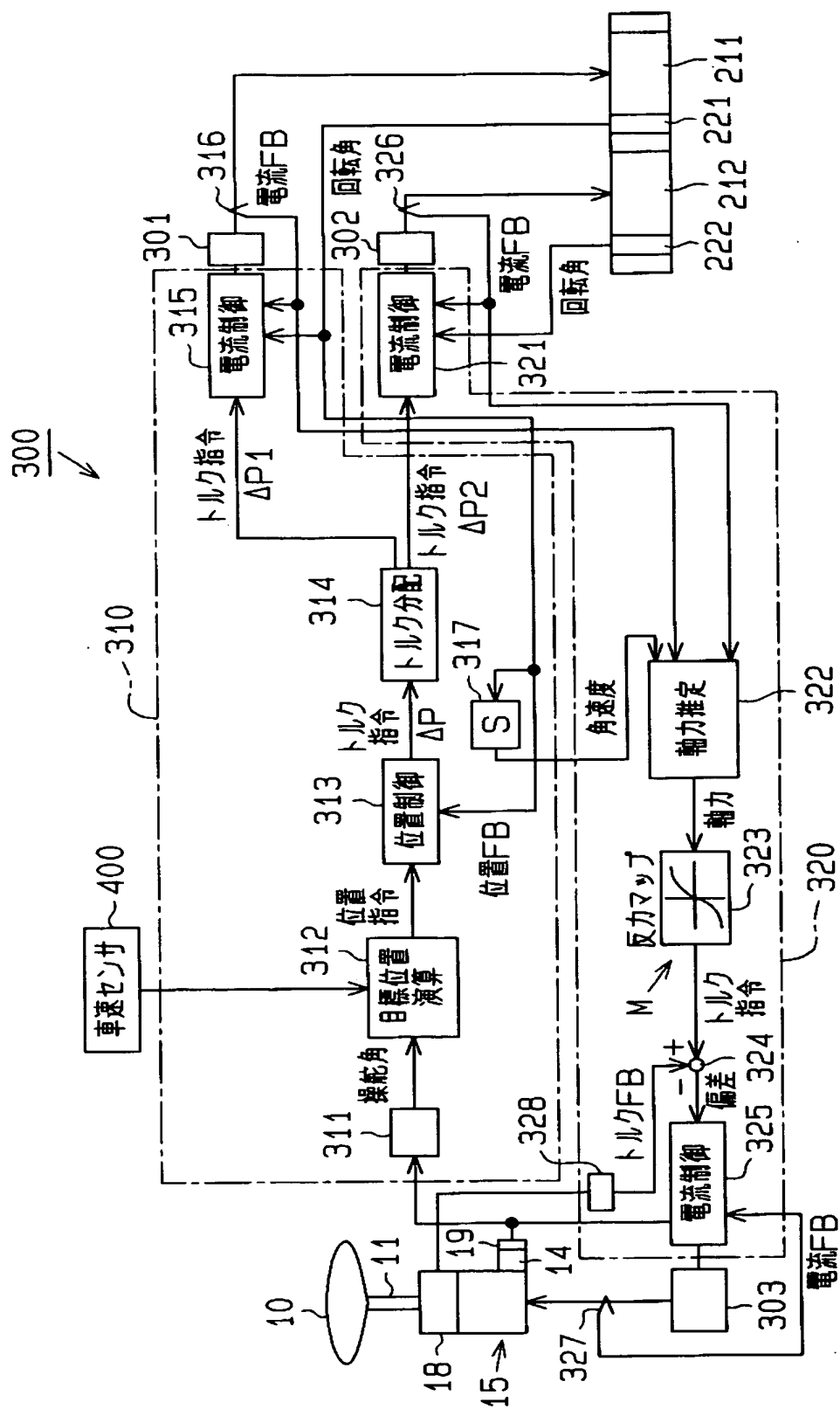
1 3 … トーションバー（弾性部材）
1 4 … 反力モータ（反力アクチュエータ）
1 5 … 減速機構（減速手段）
1 9 … 回転角センサ（操舵位置検出手段）
2 0 … 操舵角センサ
2 0 0 … 舵取機構
2 1 3 … シャフト（転舵軸）
3 0 0 … 制御部（制御系）
3 1 0 … 第 1 E C U
3 1 2 … 目標位置演算部（転舵位置指令生成手段）
3 2 0 … 第 2 E C U
T … 操舵輪
S Y 1 … 第 1 システム
S Y 2 … 第 2 システム

【書類名】 図面

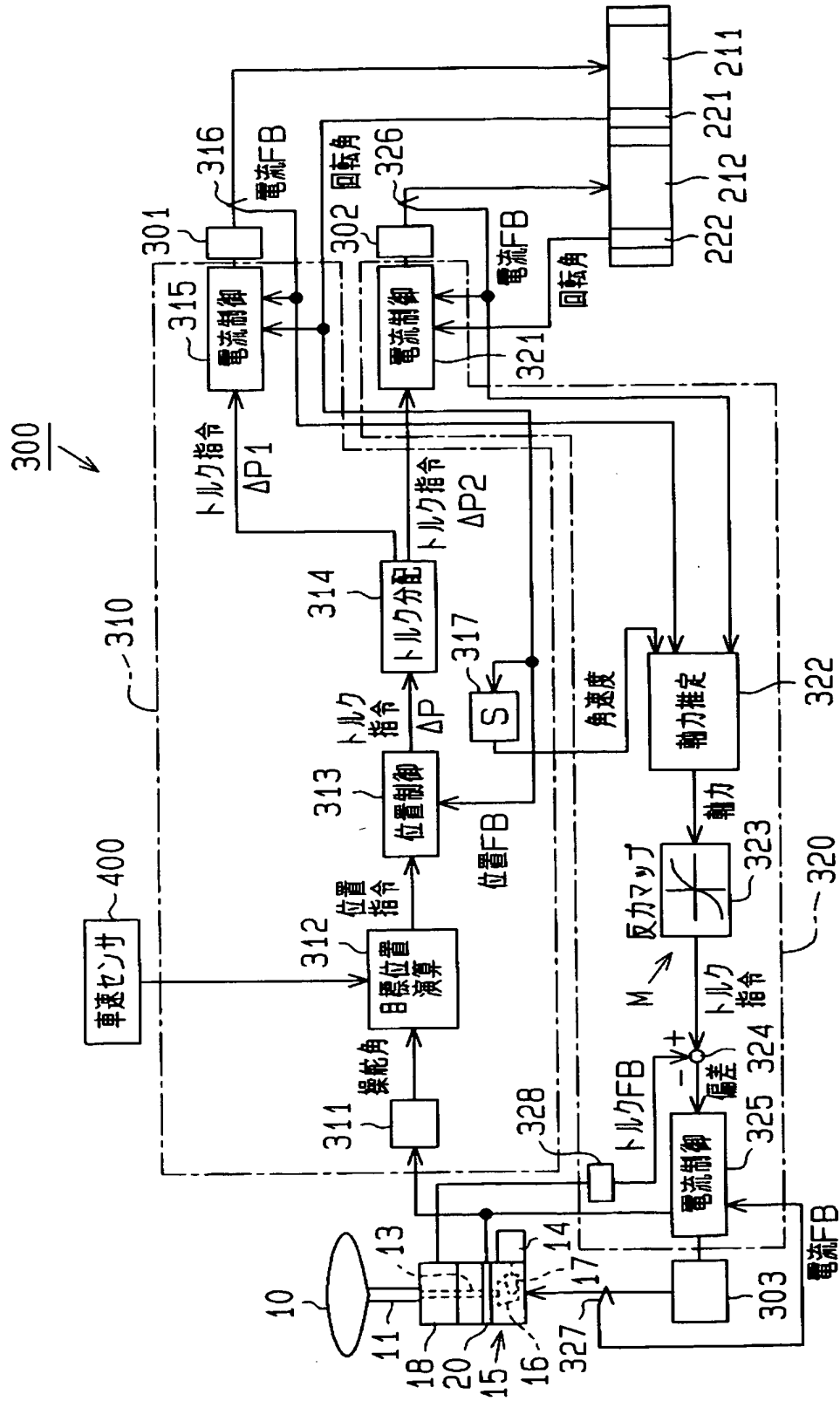
【図 1】



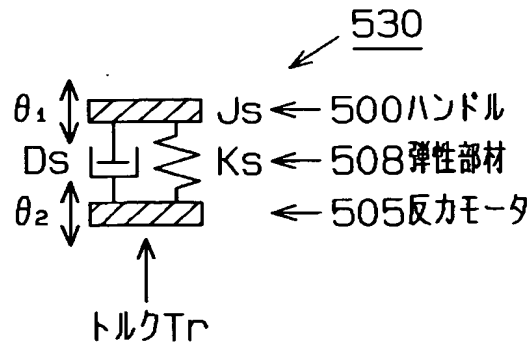
【圖 2】



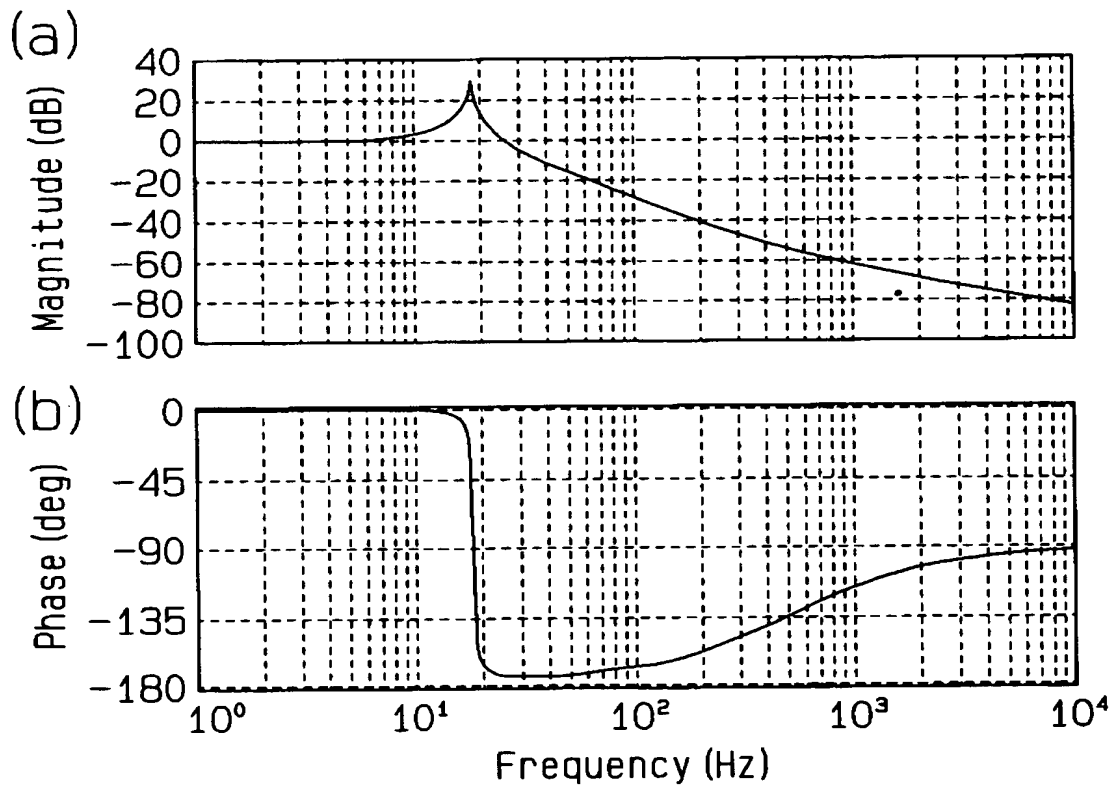
【図 3】



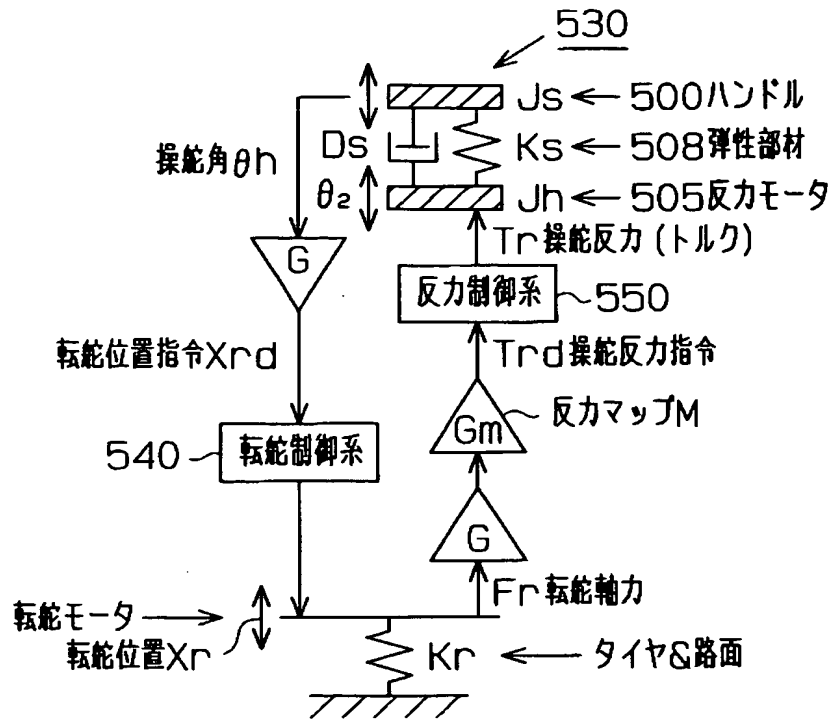
【図 4】



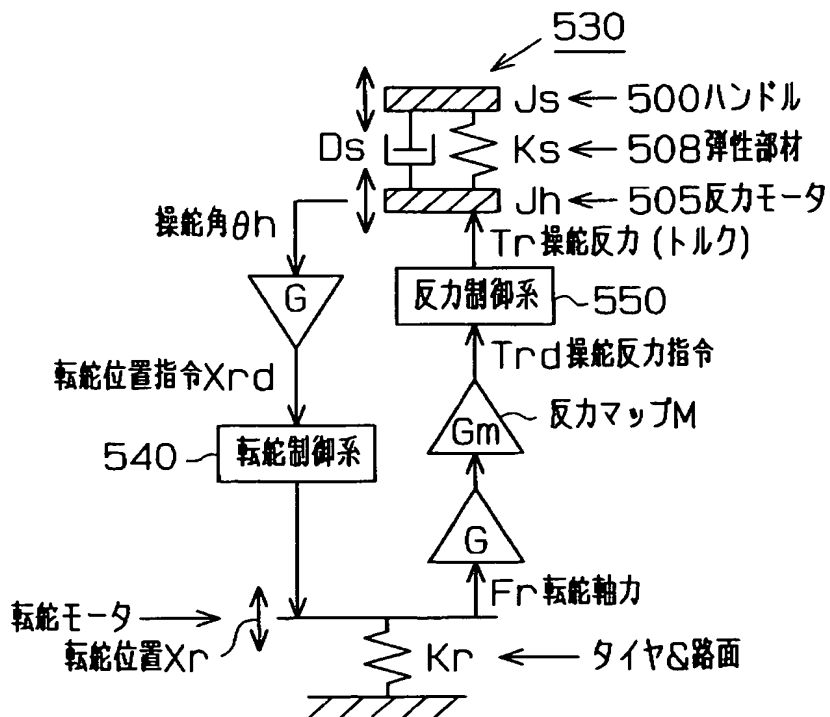
【図 5】



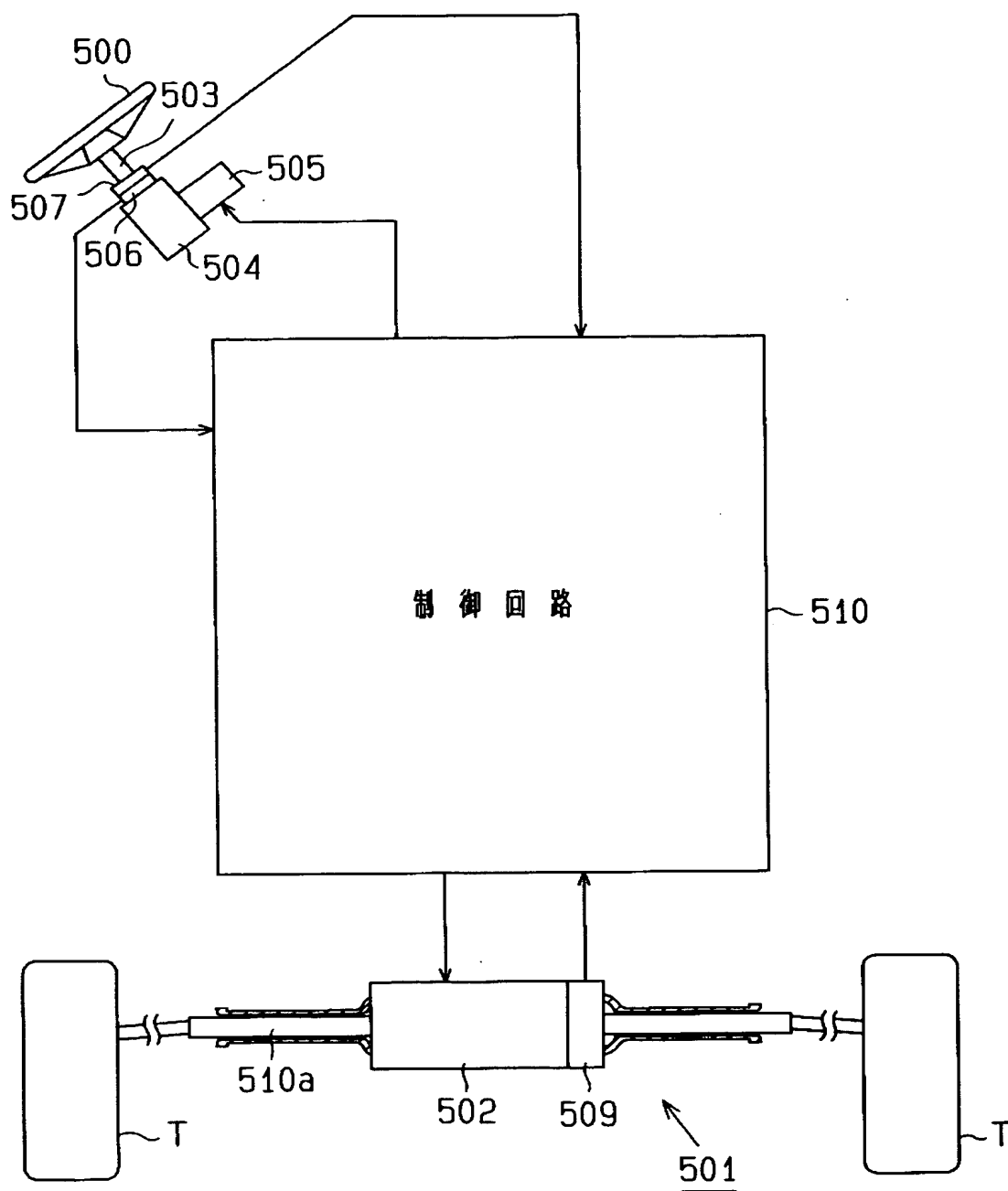
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 転舵軸力を通常の機械連結式操舵装置と同等にハンドル側に伝達して同等の操舵反力感覚を運転者に与え、かつ、制御系の安定性を確保して振動発生を防止することができるステアバイワイヤ式の車両用操舵装置を提供する。

【解決手段】 第 1 E C U 3 1 0 はステアリングホイール 1 0 の操舵角に基づき目標転舵位置を示す転舵位置指令を生成し、その転舵位置指令と、舵取機構 2 0 0 の実転舵位置とに基づいて舵取機構 2 0 0 の位置フィードバック制御を行う。車両用操舵装置は、ステアリングホイール 1 0 に対しトーションバー 1 3 を介して作動的に連結され、舵取機構 2 0 0 が路面側から受ける転舵軸力に基づいて、操舵ハンドルに反力を付与する反力モータ 1 4 を備える。ステアリングホイール 1 0 と反力モータ 1 4 の間に介在させたトーションバー 1 3 の二次側にステアリングホイール 1 0 の操舵角を検出するための回転角センサ 1 9 を設ける。

【選択図】 図 1

特願 2003-114737

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003470]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地
氏 名	豊田工機株式会社

特願 2 0 0 3 - 1 1 4 7 3 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 6 0 9]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1

氏 名 株式会社豊田中央研究所